

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-264132

(43)Date of publication of application : 26.09.2001

(51)Int.Cl.

G01D 21/00
 G01B 21/22
 G01P 15/00
 G01P 21/00
 // B60G 17/015
 B62D 6/00
 B62D101:00
 B62D111:00
 B62D113:00
 B62D137:00

(21)Application number : 2000-080357

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 22.03.2000

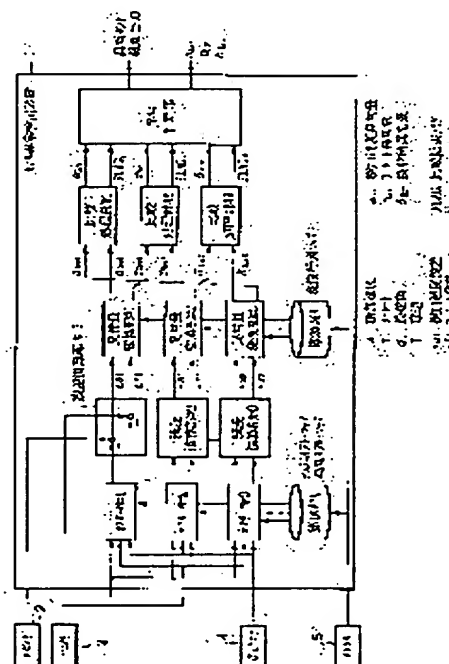
(72)Inventor : CHIBA MASAKI

(54) SENSOR ABNORMALITY DETECTION METHOD AND APPARATUS AND VEHICLE CONTROLLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To quantitatively judge the degree of abnormality while detecting abnormality generated in a sensor at a high accuracy.

SOLUTION: The sensor abnormality detector detects abnormality generated in a sensor based on a difference between a detection status value of a vehicle detected by the sensor and an estimated status value estimated by an observer corresponding to a dynamic model of the vehicle. The observer, a residue computing part and a degree of abnormality converting part are prepared in three sets to compute two degrees of abnormality each for three types of sensors while a model of sensor abnormality incorporated into each of the observers is built individually in a different combination. Individual comparison processing parts compare two degrees of abnormality obtained from a certain sensor and an abnormality judging part judges the abnormality of the sensor based on the results of comparison.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

資料①

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-264132

(P2001-264132A)

(43)公開日 平成13年9月26日 (2001.9.26)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-コード [*] (参考)
G 0 1 D 21/00		G 0 1 D 21/00	Q 2 F 0 6 9
G 0 1 B 21/22		G 0 1 B 21/22	2 F 0 7 6
G 0 1 P 15/00		G 0 1 P 21/00	3 D 0 0 1
	21/00	B 6 0 G 17/015	Z 3 D 0 3 2
// B 6 0 G 17/015		B 6 2 D 6/00	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-80357(P2000-80357)

(22)出願日 平成12年3月22日(2000.3.22)

(71)出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72)発明者 千葉 正基

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

(74)代理人 100076428

弁理士 大塚 康徳 (外2名)

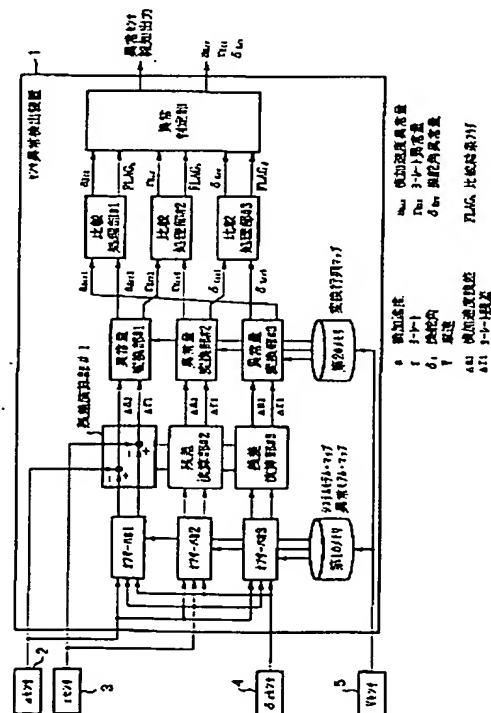
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 センサ異常検出方法及びセンサ異常検出装置及び車両制御装置

(57)【要約】

【課題】 センサに発生した異常を高精度に検出すると共に、その異常の程度とを定量的に判定する。

【解決手段】 センサにより検出された車両の検出状態量と、その車両の運動モデルに対応するオブザーバによって推定した推定状態量との差分に基づいて、該センサに発生した異常を検出するセンサ異常検出装置であって、オブザーバ、残差演算部、異常量変換部を3組用意し、3種類のセンサについてそれぞれ2つの異常量を演算すると共に、各オブザーバに組み込むセンサ異常のモデルは、それぞれ異なった組み合わせに構成する。個々の比較処理部では、あるセンサについて得られる2つの異常量を比較し、異常判定部では、当該比較結果に基づいて、センサ異常の判定を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 センサによって実際に検出した車両の検出状態量と、その車両の運動モデルを予め組み込んだオブザーバを用いて推定した推定状態量との差分を算出し、その差分に基づいて、該センサに発生した異常を検出するセンサ異常検出方法であって、

前記車両についての、車速に応じた複数の運動モデルと所定の変換特性とを、予め記憶媒体に格納する記憶工程と、

前記車両の状態を検出する第1乃至第3のセンサのうち互いに異なる何れか2種類のセンサについて異常を推定可能に予め構成した第1乃至第3のオブザーバを用いて、該第1乃至第3のセンサより入手した3種類の状態検出量と、前記車両の現在の車速に応じて前記記憶媒体より入手した運動モデルとに基づいて、前記第1及び第2のセンサについてそれぞれ3つの推定状態量を算出する状態推定工程と、

前記第1及び第2のセンサより入手した検出状態量と、前記状態推定工程にて前記第1及び第2センサについて3つずつ算出した推定状態量との差分をそれぞれ算出すると共に、それら算出した差分を、前記車両の現在の車速に応じて前記記憶媒体より入手した変換特性に基づいて、前記第1乃至第3のセンサについてそれぞれ2つの異常量に変換する変換工程と、

前記変換工程にて前記第1乃至第3のセンサについてそれぞれ2つずつ求めた異常量を用いて、同一種類のセンサについて2つの異常量をそれぞれ比較した結果に基づいて、その異常量の妥当性と、前記第1乃至第3のセンサの異常判定とを行う異常判定工程と、を有することを特徴とするセンサ異常検出方法。

【請求項2】 前記第1乃至第3のセンサにより検出される状態検出量は、前記車両の横加速度、ヨーレート、並びに操舵角度であることを特徴とする請求項1記載のセンサ異常検出方法。

【請求項3】 センサによって実際に検出された車両の検出状態量と、その車両の運動モデルを予め組み込んだオブザーバによって推定した推定状態量との差分に基づいて、該センサに発生した異常を検出するセンサ異常検出装置であって、

前記車両についての、車速に応じた複数の運動モデルと所定の変換特性とが予め格納された記憶手段と、

前記車両の状態を検出する第1乃至第3のセンサのうち互いに異なる何れか2種類のセンサについて異常を推定可能に予め構成され、該第1乃至第3のセンサより入手した3種類の状態検出量と、前記車両の現在の車速に応じて前記記憶媒体より入手した運動モデルとに基づいて、前記第1及び第2のセンサについてそれぞれ3つの推定状態量を算出する第1乃至第3のオブザーバと、前記第1及び第2のセンサより入手した検出状態量と、前記第1乃至第3のオブザーバによって前記第1及び第

2のセンサについてそれぞれ算出された3つの推定状態量との差分を、該2種類のセンサそれぞれについて算出すると共に、それら算出した差分を、前記車両の現在の車速に応じて前記記憶手段より入手した変換特性に基づいて、前記第1乃至第3のセンサについてそれぞれ2つの異常量に変換する第1乃至第3の変換手段と、前記第1乃至第3の変換手段から前記第1乃至第3のセンサについてそれぞれ2つずつ出力される異常量のうち、同一種類のセンサについて2つの異常量の比較を行うと共に、その比較結果に基づいて、その異常量の妥当性と、該同一種類のセンサの異常判定とを行う第1乃至第3の異常判定手段と、を備えることを特徴とするセンサ異常検出装置。

【請求項4】 前記第1乃至第3のセンサにより検出される状態検出量は、前記車両の横加速度、ヨーレート、並びに操舵角度であることを特徴とする請求項3記載のセンサ異常検出装置。

【請求項5】 請求項4記載のセンサ異常検出装置であるセンサ異常検出手段と、

前記第1乃至第3のセンサのうち、前記センサ異常検出手段によって異常と判定されたセンサについては、そのセンサの検出状態量を、前記センサ異常検出手段によって算出された異常量に従って補償すると共に、その補償後の検出状態量に基づいて、前記車両を制御する制御手段と、を備えることを特徴とする車両制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、センサ異常検出方法及びセンサ異常検出装置及び車両制御装置に関し、例えば代表的な車両である自動車に搭載される各種センサの異常を検出する方法及び装置、並びに、その異常検出装置を用いて異常を検出すると共に、各種アクチュエータ等を制御する車両制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、例えば代表的な車両である自動車の分野においては、搭載された各種センサによって車両の状態を検出すると共に、それらセンサに発生する異常を検出する装置が提案されている。

【0003】このような従来の装置におけるセンサ異常の検出方法としては、例えば、監視対象のセンサが検出すべき状態量を、他のセンサの出力値に基づいて、剛体の運動方程式、あるいは幾何学的な所定の関係式を用いて推定し、その推定値と、その監視対象のセンサの出力値とを比較した結果に基づいて異常を発見する方法が知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来のセンサ出力値を推定する方法において異常検出の感度を向上するためには、異常判定のためのしきい値は低く設定すべきであるが、その場合、ノイズ、モデル誤

差、或いは外乱による影響を受け易くなると共に、推定に使用する関係式が成立する条件等の制約がある。このため、通常走行時に誤った異常検出が行われることを防止するためには、異常判定に使用するしきい値を大きめに設定する必要がある、高精度な異常検出を行うことができない。また、推定に用いる他のセンサが正常であることを別途確認する必要がある。

【0005】また、センサ異常を検出する他の方法としては、例えば、特開平6-199245号にオブザーバを使う方法が提案されている。この方法は、車両の操舵量、センサにより検出された車両状態量に基づいて、車両の運動モデルに対応した推定演算式(即ち、センサ故障に関するモデルが組み込まれたオブザーバ)を用いて、車両状態量を推定し、その推定された車両状態量と、当該センサにより実際に検出された車両状態量との差分(残差)を算出すると共に、その差分と、所定の故障検出用の基準値とを比較することにより、センサの故障箇所を特定する方法である。

【0006】しかしながら、上記従来のオブザーバを使う方法においては、車両の運動モデルのパラメータの変化やモデル化誤差の影響により、通常走行時においてセンサに異常が発生していないにも関わらずに、異常量がゼロ以外の値を持つ場合があり、この場合も、誤った異常検出が行われることを防止するためには、異常判定に使用するしきい値を大きめに設定する必要がある、高精度な異常検出を行うことができない。

【0007】また、オブザーバを使う方法においては、1つのオブザーバの出力信号から変換できる異常量の数(即ち、異常検出の対象となるセンサの数であり、当該オブザーバに組み込むセンサ異常モデルの数)が、そのオブザーバ内の車両の運動モデルの次数を超えることができないという制約がある。

【0008】そこで本発明は、センサに発生した異常を高精度に検出すると共に、その異常の程度とを定量的に判定するセンサ異常検出方法及びセンサ異常検出装置及び車両制御装置の提供を目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明に係るセンサ異常検出方法は、以下の構成を特徴とする。

【0010】即ち、センサによって実際に検出した車両の検出状態量と、その車両の運動モデルを予め組み込んだオブザーバを用いて推定した推定状態量との差分を算出し、その差分に基づいて、該センサに発生した異常を検出するセンサ異常検出方法であって、前記車両についての、車速に応じた複数の運動モデルと所定の変換特性(例えば変換行列)とを、予め記憶媒体に格納する記憶工程と、前記車両の状態(例えば、横加速度、ヨーレート、並びに操舵角度)を検出する第1乃至第3のセンサのうち互いに異なる何れか2種類のセンサについて異常

を推定可能に予め構成した第1乃至第3のオブザーバを用いて、該第1乃至第3のセンサより入手した3種類の状態検出量と、前記車両の現在の車速に応じて前記記憶媒体より入手した運動モデルとに基づいて、前記第1及び第2のセンサについてそれぞれ3つの推定状態量を算出する状態推定工程と、前記第1及び第2のセンサより入手した実際の検出状態量と、前記状態推定工程にて前記第1及び第2センサについて3つずつ算出した推定状態量との差分をそれぞれ算出すると共に、それら算出した差分を、前記車両の現在の車速に応じて前記記憶媒体より入手した変換特性に基づいて、前記第1乃至第3のセンサについてそれぞれ2つの異常量に変換する変換工程と、前記変換工程にて前記第1乃至第3のセンサについてそれぞれ2つずつ求めた異常量を用いて、同一種類のセンサについて2つの異常量をそれぞれ比較した結果に基づいて、その異常量の妥当性と、前記第1乃至第3のセンサの異常判定とを行う異常判定工程とを有することを特徴とする。

【0011】また、同目的を達成するため、本発明に係るセンサ異常検出装置は、以下の構成を特徴とする。

【0012】即ち、センサによって実際に検出された車両の検出状態量と、その車両の運動モデルを予め組み込んだオブザーバによって推定した推定状態量との差分に基づいて、該センサに発生した異常を検出するセンサ異常検出装置であって、前記車両についての、車速に応じた複数の運動モデルと所定の変換特性とが予め格納された記憶手段と、前記車両の状態を検出する第1乃至第3のセンサのうち互いに異なる何れか2種類のセンサについて異常を推定可能に予め構成され、該第1乃至第3のセンサによって実際に入手した3種類の状態検出量(例えば、横加速度、ヨーレート、並びに操舵角度)と、前記車両の現在の車速に応じて前記記憶媒体より入手した運動モデルとに基づいて、前記第1及び第2のセンサについてそれぞれ3つの推定状態量を算出する第1乃至第3のオブザーバと、前記第1及び第2のセンサより実際に入手した検出状態量と、前記第1乃至第3のオブザーバによって前記第1及び第2のセンサについてそれぞれ算出された3つの推定状態量との差分を、該2種類のセンサそれぞれについて算出すると共に、それら算出した差分を、前記車両の現在の車速に応じて前記記憶手段より入手した変換特性に基づいて、前記第1乃至第3のセンサについてそれぞれ2つの異常量に変換する第1乃至第3の変換手段と、前記第1乃至第3の変換手段から前記第1乃至第3のセンサについてそれぞれ2つずつ出力される異常量のうち、同一種類のセンサについて2つの異常量の比較を行うと共に、その比較結果に基づいて、その異常量の妥当性と、該同一種類のセンサの異常判定とを行う第1乃至第3の異常判定手段とを備えることを特徴とする。

【0013】また、上記のセンサ異常検出装置をセンサ

異常検出手段として備える車両制御装置において、前記第1乃至第3のセンサのうち、前記センサ異常検出手段によって異常と判定されたセンサについては、そのセンサの検出状態量を、前記センサ異常検出手段によって算出された異常量に従って補償すると共に、その補償後の検出状態量に基づいて、前記車両を制御すると良い。

【0014】

【発明の効果】上記の本発明によれば、センサに発生した異常を高精度に検出すると共に、その異常の程度とを定量的に判定するセンサ異常検出方法及びセンサ異常検出装置及び車両制御装置の提供が実現する。

【0015】即ち、請求項1または請求項3の発明によれば、横加速度、ヨーレート、並びに操舵角度を検出する各センサ（請求項2、請求項4）に発生した異常を高精度に検出することができると共に、その発生した異常の程度を、算出した異常量によって定量的に判定することができる。

【0016】また、請求項5の発明によれば、センサに異常が発生した場合においても、その異常の程度を表わす異常量を補償した制御量により、所定の制御状態に準じた制御を継続することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を、図面を参照して詳細に説明する。以下の説明においては、まず、第1の実施形態においてセンサ異常検出装置について説明し、更に第2の実施形態では、第1の実施形態に係るセンサ異常検出装置を含む車両制御装置について説明する。

【0018】[第1の実施形態]はじめに、本実施形態において、自動車等の4つの車輪を有する車両のモデル（車両モデル）は、その車両の重心に横方向に働く力の式と、その重心周りに働く回転運動の式とで表現可能な所謂2輪モデルとして扱うものとし、その2輪モデルに基づくセンサ異常の検出を行う。

【0019】図1は、第1の実施形態におけるセンサ異常検出装置の制御系の構成を示すブロック図である。

【0020】本実施形態において、図1に示すセンサ異常検出装置1には、横加速度センサ（aセンサ）2、ヨーレートセンサ（ γ センサ）3、操舵角センサ（ δf センサ）4、並びに車速センサ（Vセンサ）5の4種類のセンサ出力信号（検出状態量）が入力される。これら4種類のセンサのうち、異常検出の対象とするセンサは、加速度センサ2、ヨーレートセンサ3、そして操舵角センサ4である。

【0021】そして、センサ異常検出装置1のブロック内に示された制御系の機能（詳細は後述する）により、当該装置からは、異常が発生したセンサを特定可能に報知する信号と、そのセンサの異常の程度を表わす異常量とが出力される。本実施形態において、異常量とは、異常を起こしたセンサが実際に出力している値と、そのセ

ンサが正常時において本来出力すべき値との差分を表わす。

【0022】尚、上記の4種類のセンサによる横加速度、ヨーレート等の検出方法自体は、現在では一般的であるため、本実施形態における説明は省略する。

【0023】次に、センサ異常検出装置1のブロック内に示された制御系の機能について説明する。

【0024】まず、図1に示すセンサ異常検出装置1の各ブロックの機能について以下に述べる。

【0025】・第1のメモリ：車速に応じて変化するときの、車両モデル及びオブザーバ・ゲイン（以下、システム・モデルと総称する）と、異常モデルとが予めマップ化されて格納されたメモリ（記憶媒体）である（尚、異常モデルの定義については、図3を参照して後述する）。この第1のメモリからは、車速センサ5の検出した車速に応じたシステム・モデルと、異常モデルとが出力される。

【0026】・第1～第3のオブザーバ：横加速度センサ2、ヨーレートセンサ3、そして操舵角センサ4の出力信号が入力されると共に、第1のメモリから車速に応じて設定される所定のシステム・モデルに従って、車両の状態を推定する車両状態判定部として機能する。具体的には、

オブザーバ#1：横加速度センサ2、そしてヨーレートセンサ3の異常を推定できるように異常モデルが組み込まれており、横加速度センサ2及びヨーレートセンサ3について推定した状態量として、横加速度とヨーレートとを出力する。

【0027】オブザーバ#2：ヨーレートセンサ3、そして操舵角センサ4の異常を推定できるように異常モデルが組み込まれており、横加速度センサ2及びヨーレートセンサ3について推定した状態量として、横加速度とヨーレートとを出力する。

【0028】オブザーバ#3：操舵角センサ4、そして横加速度センサ2の異常を推定できるように異常モデルが組み込まれており、横加速度センサ2及びヨーレートセンサ3について推定した状態量として、横加速度とヨーレートとを出力する。

【0029】・第1～第3の残差演算部（#1乃至#3）：前段のオブザーバからそれぞれ出力された車両運動についての推定状態量である横加速度及びヨーレートと、車両運動についての状態量として横加速度センサ2及びヨーレートセンサ3によって実際に検出された横加速度及びヨーレートとの差（残差）を演算する。

【0030】・第1～第3の異常量変換部：前段の残差演算部（#1乃至#3）から出力された各残差を、後述する第2のメモリから車速に応じて設定される所定の変換行列に基づいて、上述した各オブザーバの異常モデル特性（#1乃至#3）に応じた異常量に変換する（尚、異常量への変換方法は後述する）。具体的には、

異常量変換部#1：残差演算部#1から出力される横加速速度の残差、ヨーレートの残差を、オブザーバ#1の異常モデル特性に基づいて、横加速度センサ2、そしてヨーレートセンサ3の異常量に変換する。

【0031】異常量変換部#2：残差演算部#2から出力される横加速速度の残差、ヨーレートの残差を、オブザーバ#2の異常モデル特性に基づいて、ヨーレートセンサ3、そして操舵角センサ4の異常量に変換する。

【0032】異常量変換部#3：残差演算部#3から出力される横加速速度の残差、ヨーレートの残差を、オブザーバ#3の異常モデル特性に基づいて、操舵角センサ4、そして横加速度センサ2の異常量に変換する。

【0033】・第2のメモリ：残差演算部（#1乃至#3）から出力される残差を異常量へ変換すべく、車速に応じた複数の変換行列が予め格納されたメモリ（記憶媒体）である。この第2のメモリからは、車速センサ5の検出した車速に応じた変換行列が出力される。

【0034】・第1～第3の比較処理部：横加速度センサ2、ヨーレートセンサ3、そして操舵角センサ4の3種類のセンサについて前段の何れか2つの異常量変換部から出力された同一センサについての異常量の比較を行う。ここで、係る3つの比較処理部にて行われる比較とは、入力された2つの異常量に差が有るか否かと、それら異常量はゼロであるか否かが判断される。具体的には、

比較処理部#1：横加速度センサ2について異常量変換部#1と異常量変換部#3とからそれぞれ出力された2つの異常量を比較する。

【0035】比較処理部#2：ヨーレートセンサ3について異常量変換部#1と異常量変換部#2とからそれぞれ出力された2つの異常量を比較する。

【0036】比較処理部#3：操舵角センサ4について異常量変換部#2と異常量変換部#1とからそれぞれ出力された2つの異常量を比較する。

【0037】・異常判定部：前段の3つの比較処理部における比較結果に基づいて、横加速度センサ2、ヨーレートセンサ3、そして操舵角センサ4の3種類のセンサのうち、異常が発生しているセンサを判定し（尚、異常判定の方法は後述する）、異常と判定したセンサを報知する信号と、そのセンサの異常量とを出力する。

【0038】尚、第1及び第2のメモリに格納するマップは、誤差を少なくするためには車速に応じてできるだけ細かいステップで設定すべきであるが、メモリの記憶容量には制限があるので、係るマップに設定すべき特性として、車速の逆数に比例するように、当該メモリから出力すべきパラメータの変化の度合いが等間隔になるように、車速のインデックス（ステップ）の間隔を設定すると良い。

【0039】次に、上述した制御系の機能を実現する異常検出処理の手順について説明する。

【0040】図2は、第1の実施形態におけるセンサ異常検出装置の異常検出処理の手順を示すフローチャートである。

【0041】センサ異常検出装置1には、図1には不図示のCPU、RAM、ROMが少なくとも搭載されており、以下に説明する異常検出処理は、RAMをワークエリアとして使用しながら、予めROM等に格納されたソフトウェアに従ってCPUが動作することによって実現される。

【0042】図2において、ステップS1：横加速度センサ2、ヨーレートセンサ3、操舵角センサ4、並びに車速センサ5の4種類のセンサ出力信号を読み込むことにより、横加速度、ヨーレート、車速、操舵量を取得する。

【0043】ステップS2：第1のメモリを参照することにより、ステップS1にて取得した車速に応じたシステム・モデル（車両モデル及びオブザーバ・ゲイン）を入手し、入手したシステム・モデルを、オブザーバ#1乃至オブザーバ#3に設定する。

【0044】尚、本実施形態では、車速に応じてシステム・モデルと異常モデルとを変更したが、この構成に限られるものではなく、例えば、路面勾配、路面摩擦係数、車両重量等に応じたモデルマップを予め用意しておき、測定値に基づいて本ステップにて参照するように構成して良い。

【0045】ステップS3：第1のメモリを参照することにより、ステップS1にて取得した車速に応じた異常モデルを、オブザーバ#1乃至#3に設定する。

【0046】ステップS4：ステップS2にてシステム・モデルが更新されたオブザーバ#1乃至オブザーバ#3を用いて、横加速度及びヨーレートについての推定状態量をそれぞれ算出する。

【0047】ステップS5：ステップS1にて実際に検出された横加速度センサ2及びヨーレートセンサ3の出力値と、ステップS4で算出した推定状態量としての横加速度及びヨーレートとの残差（ $\Delta a1$ 乃至 $\Delta a3$ 、 $\Delta \gamma 1$ 乃至 $\Delta \gamma 3$ ）を、残差演算部#1乃至#3を用いて算出する。

【0048】ステップS6：第2のメモリを参照することにより、ステップS1にて取得した車速に応じた変換行列を、異常量変換部#1乃至#3に設定する。

【0049】ステップS7：横加速度センサ2とヨーレートセンサ3とについてステップS5で算出した残差を、ステップS6にて変換行列が更新された異常量変換部#1乃至#3を用いて、異常量（ $aErr1$ 、 $aErr2$ 、 $\gamma Err1$ 、 $\gamma Err2$ 、 $\delta Err1$ 、 $\delta Err2$ ）に変換する（尚、異常量への変換方法は後述する）。

【0050】ステップS8：横加速度センサ2についてステップS7でそれぞれ2つずつ算出した異常量について、上述したように、2つの異常量に差が有るか否か

と、それら異常量はゼロであるか否かをチェックし、結果を表わす比較結果フラグFLAGaを、RAM（不図示）格納する。

【0051】即ち、ステップS8では、横加速度センサ2についての2つの異常量の差分の絶対値 $|a_{Err2} - a_{Err1}|$ が所定のしきい値以下であるかを判断し（ステップS81）、その差分が当該しきい値より大きいときには、FLAGa=2にセットする（ステップS85）。一方、当該差分が当該しきい値以下であるときには、 a_{Err1} が当該しきい値以下であるかを判断し（ステップS82）、その判断でYES（ $a_{Err1} \leq$ （しきい値））のときにはFLAGa=0にセットし（ステップS83）、NO（ $a_{Err1} >$ （しきい値））のときにはFLAGa=1にセットする（ステップS84）。

【0052】ステップS9：ステップS8と同様な比較処理を、ヨーレートセンサ3についての2つの異常量の差分 γ_{Err1} 、 γ_{Err2} を対象に行うことにより、比較結果フラグFLAG γ をセットする。

【0053】ステップS10：ステップS8と同様な比較処理を、操舵角センサ4についての2つの異常量の差分 δ_{Err1} 、 δ_{Err2} を対象に行うことにより、比較結果フラグFLAG δ をセットする。

【0054】ステップS11：ステップS8乃至ステップS10における比較結果に基づいて、異常が発生したセンサを判定し（尚、異常判定の方法は後述する）、リターンする。

【0055】＜異常量への変換方法＞ここで、残差を異常量に変換する方法について説明する。この変換処理は、上述したステップS7にて異常量変換部#1乃至#3が行う処理である。

【0056】本実施形態において、車両モデル（2輪モデル）は、下記の2次元の行列を含む2次式（数1）で表される。

【0057】

【数1】

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx + Du \end{cases} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、

x	状態量	$[\beta \ r]^T$	r は、転舵を表わす
y	出力	$[a \ r]^T$	
u	入力	δ	
β	横滑り角	$[\beta \ r]^T = \begin{bmatrix} \beta \\ r \end{bmatrix}$	
a	横加速度		
r	ヨーレート		
δ	舵角		

【0058】また、センサ異常がシステムに与える影響をモデル化し、図3に示すような異常モデルを得る。

【0059】そして、センサ異常が発生したときのシステムは、上記の数1を基本とするところの、下記の数2で表される。

【0060】

【数2】

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu + f_i n_i \\ y = Cx + Du \end{cases} \quad \dots\dots\dots (1)'$$

【0061】オブザーバ#1乃至#3に異常モデルを組み込むと、センサ異常が発生したときに、異常モデルに固有の残差を出力するオブザーバを得ることができる。

【0062】ここで、オブザーバに異常モデルを組み込むとは、オブザーバの閉ループ・ゲインA-LCの固有ベクトルが、その異常モデルと一致するようオブザーバ・ゲインLを、そのオブザーバに設定することに相当する。より具体的には、下記の数3で表される。

【0063】

【数3】

$$\begin{cases} \hat{x} = A\hat{x} + Bu + L(y - \hat{y}) \\ \hat{y} = C\hat{x} + Du \end{cases} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、

$$\begin{cases} \hat{x} & \text{推定した状態量} \\ \hat{y} & \text{推定した出力} \end{cases} \quad \begin{cases} \dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu \\ \hat{y} = C\hat{x} + Du \end{cases}$$

【0064】オブザーバの状態推定誤差eと、残差qは、上記の数1の（1）式と、上記の数3の（2）式との差分であり、下記の数4で表される。

【0065】

【数4】

$$\begin{aligned}\dot{e} &= \dot{x} - \dot{\hat{x}} \quad \cdots \cdots \cdots (3) \\ &= (A - LC)e\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q &= y - \hat{y} \\ &= C(x - \hat{x}) \\ &= Ce \quad \cdots \cdots \cdots (4)\end{aligned}$$

異常 f_i, f_j が発生したとき、(3)式は、(1)'式 - (2)式より、

$$\begin{aligned}\dot{e} &= (\dot{x} + f_i n_i + f_j n_j) - \dot{\hat{x}} \\ &= (A - LC)e + f_i n_i + f_j n_j\end{aligned}$$

f_i は、 $(A - LC)$ の固有ベクトルだから、 λ_i を固有値として (f_j についても同様)

$$\begin{aligned}(A - LC)f_i n_i &= \lambda_i f_i n_i \\ f_i n_i &= (1/\lambda_i)(A - LC)f_i n_i\end{aligned}$$

よって

$$\dot{e} = (A - LC)(e + \frac{1}{\lambda_i} f_i n_i + \frac{1}{\lambda_j} f_j n_j) \quad \cdots \cdots \cdots (3)'$$

【0066】この状態推定誤差 e は、オブザーバが有する性質により、最終的には所定値に収束する。このとき、当該所定値への収束速度が十分速いと考えれば、時間と共に状態推定誤差 e が収束していく過程を無視し、異常の大きさから残差への変換式を一義的に決定で

きる。即ち、下記の数5で表わすように考えることができる。

【0067】
【数5】

つまり、時刻 $t \rightarrow \infty$ で、

$$\dot{e} = 0 \quad \cdots \cdots \cdots (5)$$

となるのだが、この速度が十分速いものとして、常に(5)式が成り立つと考えると(3)'式より

$$e + \frac{1}{\lambda_i} f_i n_i + \frac{1}{\lambda_j} f_j n_j = 0$$

よって、

$$e = -\frac{1}{\lambda_i} f_i n_i - \frac{1}{\lambda_j} f_j n_j$$

このときの残差は

$$\begin{aligned}q &= Ce \\ &= -C \frac{1}{\lambda_i} f_i n_i - C \frac{1}{\lambda_j} f_j n_j \quad \cdots \cdots \cdots (6)\end{aligned}$$

【0068】上記の数5の(6)式に示した変換式の逆変換を得られれば、残差 q に基づいて、センサに発生した異常の程度(異常量)を演算することができる。即

ち、下記の数6で表わすように考えることができる。

【0069】
【数6】

$F = [f_i \ f_j]$ 、 $m = [n_i \ n_j]'$ 、 $\Lambda = \text{diag}[\lambda_i \ \lambda_j]$ とすれば、残差は

$$q = -CF\Lambda^{-1}m$$

となる。残差から異常量への変換行列 H 、すなわち $-CF\Lambda^{-1}$ の逆変換は、容易に得られる。

$$m = Hq$$

よって、残差を変換行列 H により変換することで、異常量 m を得ることができる。

$$\begin{aligned}\text{diag}[\lambda_i \ \lambda_j] \begin{bmatrix} \lambda_i & 0 \\ 0 & \lambda_j \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} \lambda_i & 0 \\ 0 & \lambda_j \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} 1/\lambda_i & 0 \\ 0 & 1/\lambda_j \end{bmatrix}\end{aligned}$$

【0070】<異常判定の方法>次に、異常判定の方法について説明する。この異常判定処理は、上述したステップS11にて異常判定部が行う処理である。

【0071】オブザーバ#1乃至#3の内部に車両モデルのモデル化誤差や外乱が無い場合、或いは全てのセンサが正常な場合、異常量変換部#1乃至#3にて変換さ

れた各センサの異常量は、それぞれゼロで一致する。

【0072】しかし、オブザーバ#1乃至#3の内部にモデル化誤差や外乱がある場合、或いはオブザーバに組み込まれていない他のセンサ異常が発生した場合、それらの影響は、オブザーバが行う状態推定に作用し、その結果、出力される状態推定量には誤り（誤差）が生じる。

【0073】即ち、センサに異常が発生した場合、オブザーバ#1乃至#3の3つのオブザーバのうち当該センサの異常モデルが組み込まれていないオブザーバの残差に基づいて変換される異常量は、ゼロ以外の誤った値である。そして、残る2つのオブザーバの残差に基づいて変換される異常量は、正しい値（即ち、異常が発生した当該センサについては残差に基づく異常量、別のセンサについては正常に動作しているため異常量はゼロ）である。

【0074】また、モデル化誤差や外乱が発生した場合、オブザーバ#1乃至#3の3つのオブザーバの残差に基づいて変換される異常量は、各センサ毎にそれぞれゼロ以外の異なる値となる。

【0075】図4は、ヨーレートセンサ3について異常判定を行う場合を説明する図であり、同図左側に4つ並ぶグラフにおいて、縦軸は、ヨーレートセンサ3について算出された異常量 $\gamma Err1$ 及び $\gamma Err2$ であり、横軸は時間を表わす。

【0076】これら4つのグラフにおいて、最上段のグラフでは、異常量 $\gamma Err1$ 及び $\gamma Err2$ が共にゼロで一致しており、この場合、異常量 $\gamma Err1$ 及び $\gamma Err2$ の算出の基となった残差 $\Delta \gamma 1$ 、 $\Delta \gamma 2$ の算出に使用された状態推定量を出力したところの、オブザーバ#1及びオブザーバ#2は、それぞれ正しく推定を行っている判断ことができ、且つ異常量 $\gamma Err1$ 及び $\gamma Err2$ は共にゼロであるので、ヨーレートセンサ3に異常は無いと判断することができる。

【0077】そして、上から2つめのグラフでは、異常量 $\gamma Err1$ 及び $\gamma Err2$ が共に一致しているが、ある時間的なタイミングで異常量 $\gamma Err1$ 及び $\gamma Err2$ が共にゼロではない値をとっている。この場合も、2つの異常量は一致しているので、上記の場合と同様に、オブザーバ#1及びオブザーバ#2は、それぞれ正しく推定を行っている判断することができるが、係る異常量はゼロではないので、ヨーレートセンサ3に異常が発生したと判断することができる。

【0078】次に、上から3つめのグラフでは、異常量 $\gamma Err1$ 及び $\gamma Err2$ の一方がゼロ、他方がある時間的なタイミングでゼロではない値をとっている。この場合、2つの異常量は一致していないため、オブザーバ#1及びオブザーバ#2は、何れかが誤った推定を行っている判断ことができ、且つ一方の異常量がゼロであるので、ヨーレートセンサ3は正常であり、他のセンサ（横

加速度センサ2または操舵角センサ4）に異常が発生したと判断することができる。

【0079】そして、最下段のグラフでは、ある時間的なタイミングで、異常量 $\gamma Err1$ 及び $\gamma Err2$ の一方が正の値、他方が負の値をとり、何れの値もゼロではない。この場合、2つの異常量は一致していないため、オブザーバ#1及びオブザーバ#2は、両方が誤った推定を行っている判断ことができ、モデル化誤差や外乱が発生したと判断することができる。

【0080】上述した性質を、あるセンサに関する2つの異常量についてまとめると、図5に示す一覧表の如くまとめられ、2つの異常量を比較することにより、センサ異常の有無を判定することができる。そして、係る異常判定のCPU（不図示）による実際の処理は、ステップS8乃至ステップS10にて設定された3種類の比較結果フラグ（FLAG α 、FLAG γ 、FLAG δ ）を参照することにより、図2のステップS11のブロックの内部に示す如く行われる。

【0081】即ち、ステップS11のブロックの内部に示す3種類のテーブルを予めROM（不図示）に格納しておき、ステップS8乃至ステップS10にて設定された当該3種類の比較結果フラグの設定状態に応じて、システムが正常な状態、横加速度センサ2の異常状態、ヨーレートセンサ3の異常状態、操舵角センサ4の異常状態、その他（モデル誤差や外乱等）の異常状態を判定すると共に、その判定結果に応じて、右側のテーブルを参照することにより、センサ異常検出装置1の外部に出力すべき異常量 αErr 、 γErr 、 δErr を決定すれば良い。

【0082】以上説明したように、本実施形態では、図1に示したセンサ異常検出装置1において、オブザーバ、残差演算部、異常量変換部を複数組（本実施形態では、異常検出の対象である3つのセンサに対応して3組）用意し、1つのセンサについて2つ以上の異常量を演算すると共に、各オブザーバに組み込むセンサ異常のモデルは、それぞれ異なった組み合わせに構成した。

【0083】これにより、あるセンサについて得られる2つの変換異常量は、そのセンサに異常が発生したときには等しくなり、他のセンサに異常が発生したとき、或いは、モデル化誤差が顕在化したときは、異なった値となるという性質を得ることができ、この性質を利用することにより、センサの故障等の異常状態を高精度に検出することができると共に、その異常状態の程度を表わす異常量をリアルタイムで定量的に推定することができる。

【0084】また、上述した本実施形態では、異常の発生を判定するに際して、推定した2つの異常量の比較結果に基づいて、異常量がゼロであるか否かによって判定することができるので、異常判定のためのしきい値は低く設定することができ、ノイズ、モデル誤差、或いは外乱による影響を受けることなく検出感度を向上すること

ができる。

【0085】第2の実施形態に、上述した第1の実施形態に係るセンサ異常検出装置1を含む車両制御装置について説明する。

【0086】第1の実施形態で上述したように、センサ異常検出装置1の機能によれば、センサの故障等の異常状態を高精度に検出することができると共に、その異常状態の程度を表わす異常量をリアルタイムで定量的に推定することができる。

【0087】従って、アクチュエータを駆動する制御系の制御動作を、センサの異常発生時においても暫定的に継続すべき制御システムに、センサ異常検出装置1を組み込んだ制御系を実現すれば、センサに異常が発生した場合であっても、アクチュエータ等に出力すべき操作量（制御量）をどの程度補正すれば良いかを算出することができ、制御動作を暫定的に継続することができる。

【0088】そこで、本実施形態では、横加速度センサ2、ヨーレートセンサ3、並びに操舵角センサ4のセンサのうち、センサ異常検出装置1によって異常と判定されたセンサについては、そのセンサの検出状態量を、センサ異常検出装置1によって算出された異常量に従って補償すると共に、その補償後の検出状態量に基づいて、車両を制御する。

【0089】図6は、第2の実施形態における車両制御装置の制御系の概略構成を例示するブロック図である。

【0090】同図において、センサ異常検出装置1は、上述した第1の実施形態と同様に、車速センサ5によって検出した自車速を利用して、横加速度センサ2、ヨーレートセンサ3、並びに操舵角センサ4に発生する異常を検出する。制御器10には、当該3つのセンサの出力信号と、センサ異常検出装置1から出力される当該3つのセンサの異常量との差分がそれぞれ入力され、制御器10は、これら3種類の入力信号に基づいて所定の制御処理を行うことにより、アクチュエータ11に設定すべき制御量を算出する。

【0091】図7は、第2の実施形態における車両制御装置の制御処理の概略を示すフローチャートである。

【0092】同図において、ステップS21：横加速度センサ2、ヨーレートセンサ3、操舵角センサ4、並びに車速センサ5の4種類のセンサ出力信号を読み込むことにより、横加速度、ヨーレート、車速、操舵量を取得する。

【0093】ステップS22：第1の実施形態（図2）における異常検出処理を、センサ異常検出装置1において行うことにより、異常が発生したセンサを判定すると共に、センサの異常量を算出する。

【0094】ステップS23：ステップS21にて入手したセンサ出力信号を、ステップS22にて算出した当該センサの異常量に基づいて補正（補償）する。

【0095】ステップS24：ステップS23にて補正されたセンサ出力信号に基づいて、所定の制御処理を行うことによって制御量を算出し、その制御量をアクチュエータ11に設定し、リターンする。

【0096】本実施形態によれば、センサに異常が発生した場合であっても、アクチュエータ等に出力すべき操作量（制御量）をどの程度補正すれば良いかを算出することができ、制御動作を暫定的に継続することができる。

【0097】従って、本実施形態に係る車両制御装置（図6）を、例えば、操舵機構を積極的に制御する隊列走行装置等に適用した場合に、センサに故障が発生した場合においても、回復不能なほど走行中の車両の挙動が乱れることを未然に防止することができ、安定走行を確保することができる。

【0098】尚、上述した各実施形態においては、演算を容易にすべく、運動モデルを左右に幅を有しない2輪モデルとして設定したため、実際の車両には転回中等に発生するロールを考慮することができない。このため、厳密に捉えた場合には、車両にロールが発生する状況下において得られた異常量には誤差が含まれる。そこで、車両の運動モデルを更に高次のモデルとして設定すると共に、使用するオブザーバの数量を適宜用意すれば、係る状況下においても異常量を正確に算出することができ、異常検出対象のセンサを更に増加することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態におけるセンサ異常検出装置の制御系の構成を示すブロック図である。

【図2】第1の実施形態におけるセンサ異常検出装置の異常検出処理の手順を示すフローチャートである。

【図3】異常モデルを説明する図である。

【図4】ヨーレートセンサ3について異常判定を行う場合を説明する図である。

【図5】あるセンサに関する2つの異常量によって判るシステムの状態を説明する図である。

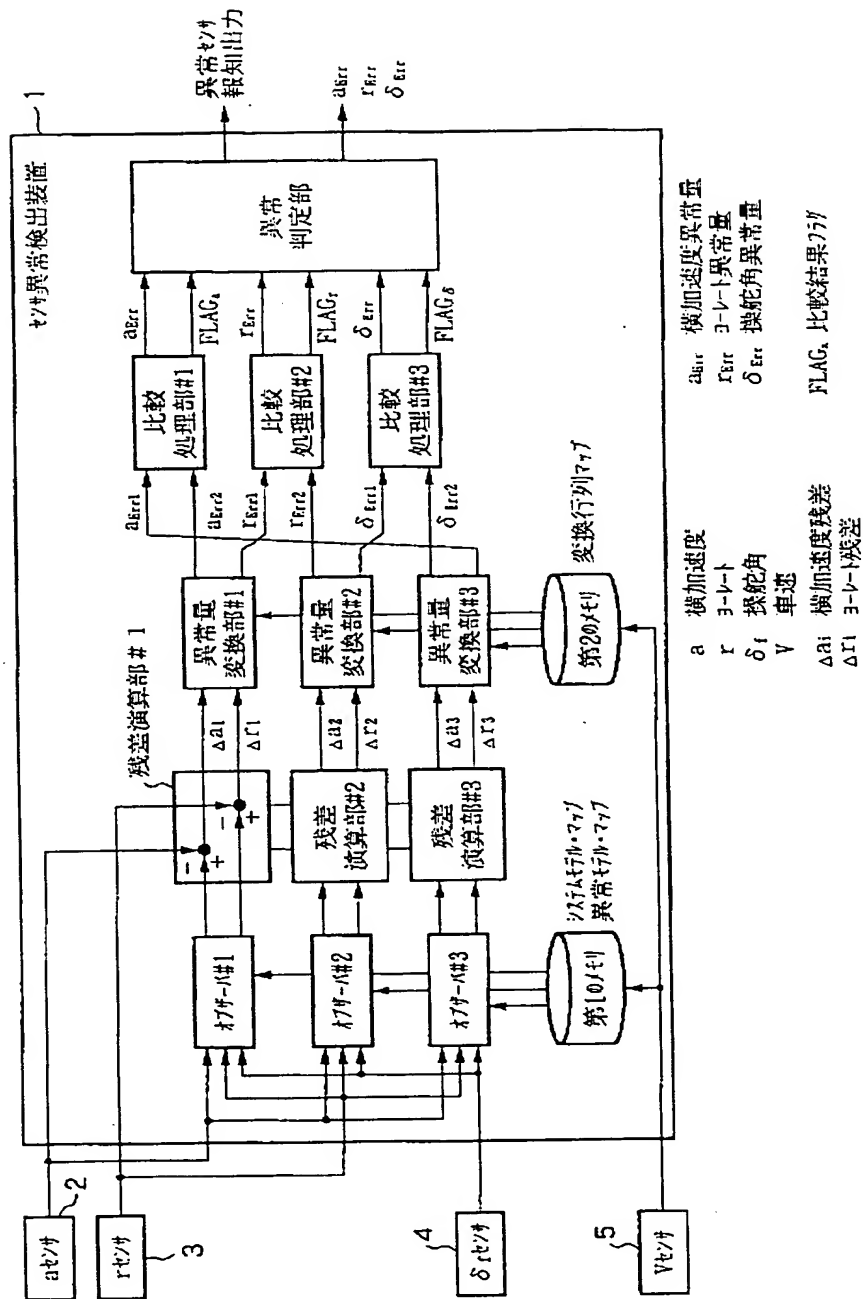
【図6】第2の実施形態における車両制御装置の制御系の概略構成を例示するブロック図である。

【図7】第2の実施形態における車両制御装置の制御処理の概略を示すフローチャートである。

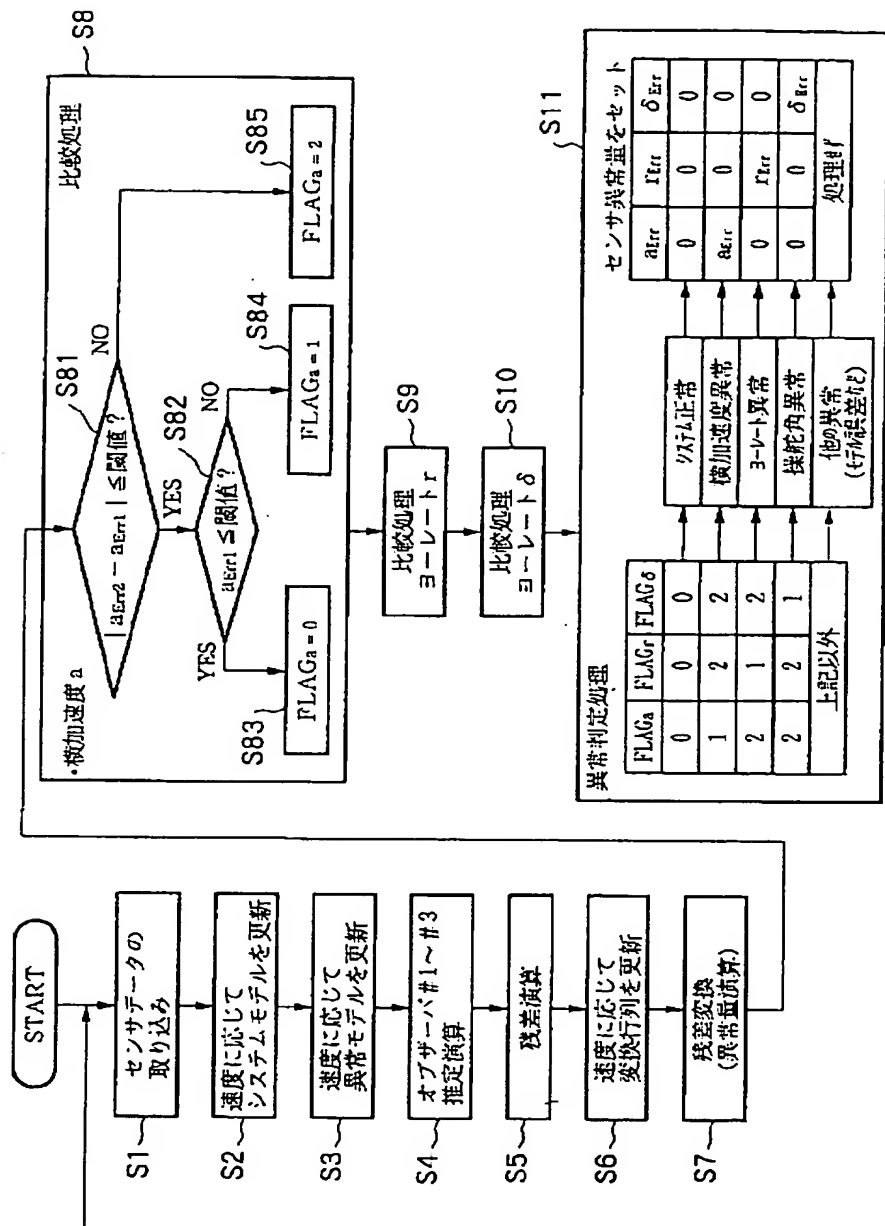
【符号の説明】

- 1：センサ異常検出装置、
- 2：横加速度センサ、
- 3：ヨーレートセンサ、
- 4：操舵角センサ、
- 5：車速センサ、
- 10：制御器、
- 11：アクチュエータ、

【図1】



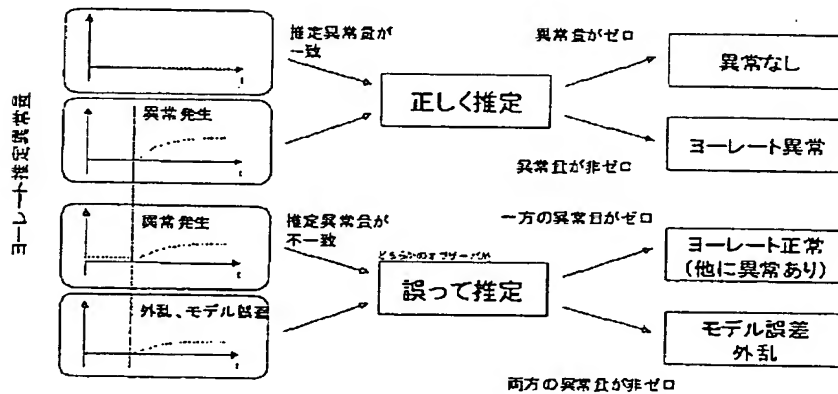
【図2】



【図3】

	異常モデル	異常量
横加速度センサ	f_a	n_a
ヨーレート	f_r	n_r
操舵角	f_δ	n_δ

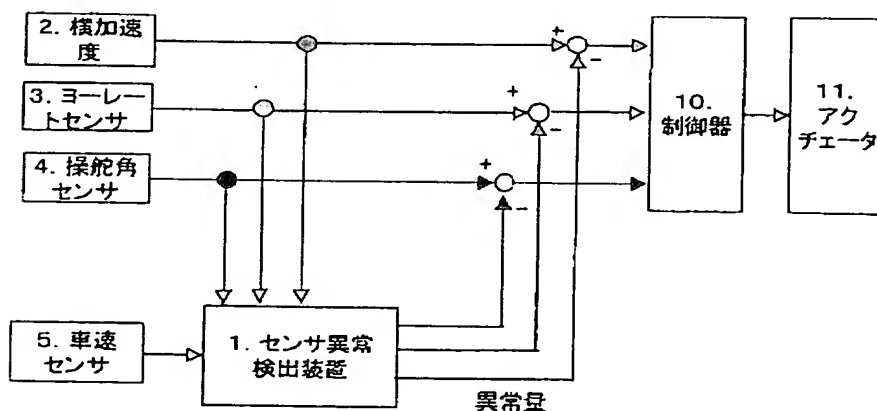
【図4】



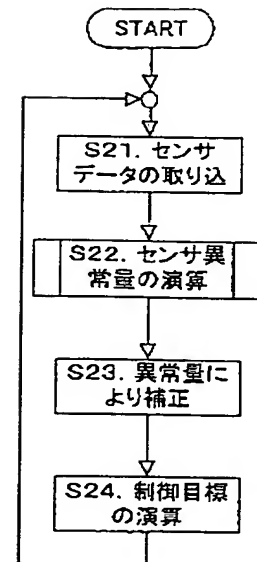
【図5】

一致する	両方の異常量はゼロ	システムは正常(センサ異常、外乱、モデル化誤差なし)
	両方の異常量はゼロ以外	そのセンサが異常
一致しない	異常量のうち、一方がゼロ	別のセンサが異常
	異常量は、両方ゼロ以外	外乱、モデル化誤差など

【図6】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.7

識別記号

F I

テマコード(参考)

B 6 2 D 6/00

B 6 2 D 101:00

B 6 2 D 101:00

111:00

111:00
113:00
137:00

113:00
137:00
G O 1 P 15/00

J

Fターム(参考) 2F069 AA86 BB21 DD02 EE23 GG04
JJ17 QQ03
2F076 BA13 BA17 BB05 BD17 BD19
BE04 BE06
3D001 AA00 DA16 DA17 EA08 EA22
EA36 EA42 EC07 ED06 ED13
3D032 CC20 CC28 CC33 DA03 DA23
DA29 DA33 DD08 EB04 GG01

THIS PAGE BLANK (USPTO)